

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-341048

(43) 公開日 平成10年(1998)12月22日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

FI

H01L 43/08

H01L 43/08

Z

G11B 5/39

G11B 5/39

H01F 10/00

H01F 10/00

審査請求 未請求 請求項の数7 OL (全8頁)

(21) 出願番号 特願平9-149318

(22) 出願日 平成9年(1997)6月6日

(71) 出願人 000010098

アルプス電気株式会社

東京都大田区雪谷大塚町1番7号

(72) 発明者 斎藤 正路

東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社内

(72) 発明者 渡辺 利徳

東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社内

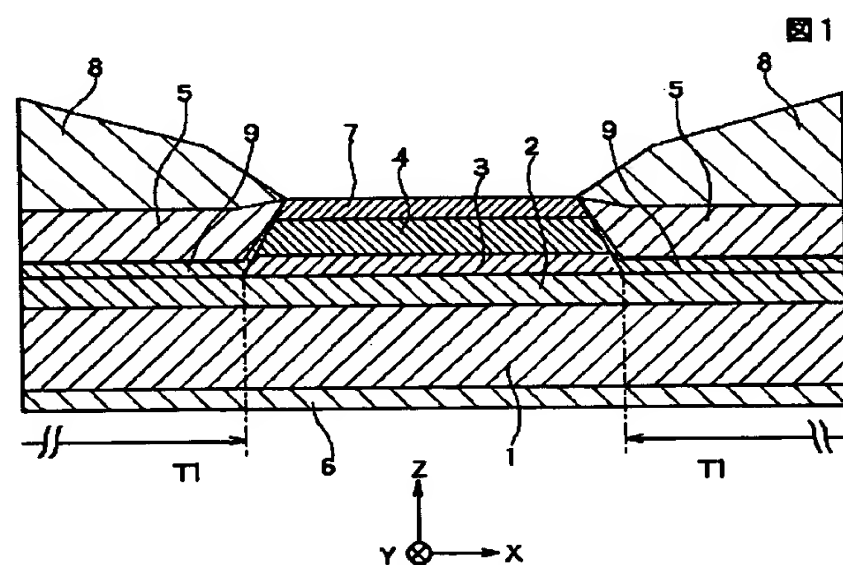
(74) 代理人 弁理士 野▲崎▼ 照夫

(54) 【発明の名称】 スピンバルブ型薄膜素子

(57) 【要約】

【課題】 従来のスピンバルブ型薄膜素子では、固定磁性層の両側にバイアス層が形成されているために、バイアス層からの磁界が前記固定磁性層に影響を与えて、固定磁性層の両端部分における磁化が一定方向に固定されなくなる。またフリー磁性層の両側には薄い膜厚のハードバイアス層が形成されており、フリー磁性層は単磁区化されにくい。以上により、バルクハウゼンノイズが発生しやすく、またマイクロトラックアシンメトリーは悪くなる。

【解決手段】 ハードバイアス層5が固定磁性層2上に非磁性膜9を介して形成されているため、フリー磁性層4にはハードバイアス層5からの磁界が十分に与えられ、また非磁性膜9の介在により、固定磁性層2がハードバイアス層の影響を受けない。従って、固定磁性層2とフリー磁性層4は適正に単磁区化され、バルクハウゼンノイズの発生が軽減され、良好なマイクロトラックアシンメトリーが得られる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 反強磁性層の上に、前記反強磁性層との交換異方性磁界により磁化方向が固定される固定磁性層が形成され、その上に非磁性導電層、およびフリー磁性層が積層されており、さらに前記フリー磁性層の磁化方向を前記固定磁性層の磁化方向と交叉する方向へ揃えるバイアス層と、固定磁性層と非磁性導電層とフリー磁性層に検出電流を与える導電層とが設けられて成るスピバルブ型薄膜素子において、前記反強磁性層および前記固定磁性層は、前記非磁性導電層およびフリー磁性層の両側の領域に延びており、この両側領域の固定磁性層の上には、非磁性膜を介して前記バイアス層および電極層が積層されていることを特徴とするスピバルブ型薄膜素子。

【請求項2】 前記非磁性膜は、体心立方構造で且つ(100)配向性の金属膜で形成されている請求項1記載のスピバルブ型薄膜素子。

【請求項3】 反強磁性層の上に、前記反強磁性層との交換異方性磁界により磁化方向が固定される固定磁性層が形成され、その上に非磁性導電層、およびフリー磁性層が積層されており、さらに前記フリー磁性層の磁化方向を前記固定磁性層の磁化方向と交叉する方向へ揃えるバイアス層と、固定磁性層と非磁性導電層とフリー磁性層に検出電流を与える導電層とが設けられて成るスピバルブ型薄膜素子において、前記反強磁性層、前記固定磁性層および非磁性導電層は、フリー磁性層の両側の領域に延びており、この両側領域の非磁性導電層の上に、前記バイアス層および電極層が積層されていることを特徴とするスピバルブ型薄膜素子。

【請求項4】 前記非磁性導電層とバイアス層との間には、体心立方構造で且つ(100)配向性を有する非磁性の金属膜が形成されている請求項3記載のスピバルブ型薄膜素子。

【請求項5】 前記金属膜は、Cr, Ti, Moまたは $W_{50}Mo_{50}$ のいずれかで形成されている請求項2または請求項4に記載のスピバルブ型薄膜素子。

【請求項6】 反強磁性層の上に、前記反強磁性層との交換異方性磁界により磁化方向が固定される固定磁性層が形成され、その上に非磁性導電層、およびフリー磁性層が積層されており、さらに前記フリー磁性層の磁化方向を前記固定磁性層の磁化方向と交叉する方向へ揃えるバイアス層と、固定磁性層と非磁性導電層とフリー磁性層に検出電流を与える導電層とが設けられて成るスピバルブ型薄膜素子において、前記フリー磁性層の上には一定の間隔を空けて、その間隔の両側に体心立方構造で且つ(100)配向性の強磁性膜が形成されており、この強磁性膜の上に前記バイアス層および電極層が積層されていることを特徴とするスピバルブ型薄膜素子。

【請求項7】 前記強磁性膜は、Fe-X (X=Rh, Cr, Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Mn, R

u, Pd, Pt)合金またはFe-Co-Ni合金で形成されている請求項6記載のスピバルブ型薄膜素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、固定磁性層（ピン（Pinned）磁性層）の磁化の方向と外部磁界の影響を受けるフリー（Free）磁性層の磁化の方向との関係で電気抵抗が変化するいわゆるスピバルブ型薄膜素子に係り、特に、固定磁性層とフリー磁性層との磁化を適正に単磁区化できるようにして、バルクハウゼンノイズを低減させ、且つ良好なマイクロトラックアシンメトリーを得られるようにしたスピバルブ型薄膜素子に関する。

## 【0002】

【従来の技術】図4は、ハードディスクなどの記録媒体からの記録磁界を検出するスピバルブ型薄膜素子（スピバルブ型薄膜磁気ヘッド）の従来の構造を示す断面図である。このスピバルブ型薄膜素子は、反強磁性層1、固定磁性層（ピン（Pinned）磁性層）2、非磁性導電層3及びフリー（Free）磁性層4が積層され、その両側にはハードバイアス層5、5が形成されている。反強磁性層1にはFe-Mn（鉄-マンガン）合金膜やNi-Mn（ニッケル-マンガン）合金膜、固定磁性層2及びフリー磁性層4にはFe-Ni（鉄-ニッケル）合金膜、非磁性導電層3にはCu（銅）膜、またハードバイアス層5、5にはCo-Pt（コバルト-白金）合金膜などが一般的に使用されている。なお、符号6、7はTa（タンタル）などの非磁性材料で形成された下地層及び保護層である。

【0003】図に示すように、反強磁性層1と固定磁性層2とが接して形成され、前記固定磁性層2は、前記反強磁性層1との界面での交換結合による交換異方性磁界により、Y方向へ単磁区化され、磁化の方向がY方向に固定される。前記交換異方性磁界は、磁界をY方向へ与えながら、アニール処理（熱処理）を施すことにより前記反強磁性層1と前記固定磁性層2との界面において生じる。また、X方向に磁化されているハードバイアス層5、5の影響を受けて前記フリー磁性層4の磁化方向はX方向に揃えられている。

【0004】図4に示すスピバルブ型薄膜素子の製造方法としては、まず下地層6から保護層7までの6層が成膜され、その後イオンミリングなどのエッチング工程で、前記6層の側部が傾斜面となるように削り取られ、その後、前記6層の両側にハードバイアス層5、5が成膜される。このスピバルブ型薄膜素子では、ハードバイアス層5、5上に形成された導電層8、8から、固定磁性層2、非磁性導電層3及びフリー磁性層4に定常電流（検出電流）が与えられる。ハードディスクなどの記録媒体の走行方向はZ方向であり、記録媒体からの洩れ磁界Y方向に与えられると、フリー磁性層4の磁化がXからY方向へ向けて変化する。このフリー磁性層4内

での磁化の方向の変動と、固定磁性層 2 の固定磁化方向との関係で電気抵抗が変化し、この電気抵抗値の変化に基づく電圧変化により、記録媒体からの洩れ磁界が検出される。

#### 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、図 4 に示す従来のスピバルブ型薄膜素子では、以下のような問題点が発生する。固定磁性層 2 の磁化は、前述したように、図示 Y 方向に固定されているが、前記固定磁性層 2 の両側には X 方向に磁化されているハードバイアス層 5、5 が設けられている。そのために、特に、固定磁性層 2 の両端の磁化が、前記ハードバイアス層 5、5 からのバイアス磁界の影響を受け、図示 Y 方向に固定されなくなっている。

【0006】つまり、スピバルブ型薄膜素子では、固定磁性層 2 の磁化は図示 Y 方向に、フリー磁性層 4 の磁化は図示 X 方向に単磁区化され、前記固定磁性層 2 とフリー磁性層 4 との磁化が、その全領域において直交する関係にされていることが好ましいが、固定磁性層 2 とフリー磁性層 4 との両端付近における磁化関係は、固定磁性層 2 の磁化が Y 方向に固定されていないために直交関係になく、前記両端付近において良好なマイクロトラックアシンメトリーを得ることができなくなっている。ここで、マイクロトラックアシンメトリーとは、実際のトラック幅よりも微小なトラック幅において測定した再生出力波形の上下対称性のことである。

【0007】マイクロトラックアシンメトリーを測定したとき、すべての部分での再生出力値が同じ高さであれば、マイクロトラックアシンメトリーは良好な状態にあると言えるが、図 4 に示す固定磁性層 2 とフリー磁性層 4 との両端付近におけるマイクロトラックアシンメトリーを測定してみると、再生出力値の高さは不均一になっている、つまりマイクロトラックアシンメトリーは悪化した状態となっている。マイクロトラックアシンメトリーが悪い状態にあると、トラック位置検出を正確に行うことができず、サーボエラーを引き起こしやすくなる。また、上述した問題以外に、図 4 に示すスピバルブ型薄膜素子では、フリー磁性層 4 の両側に設けられているハードバイアス層 5、5 の膜厚が実質的に薄くなるために、前記ハードバイアス層 5、5 から前記フリー磁性層 4 に X 方向への十分なバイアス磁界を与えることができず、従ってフリー磁性層 4 の磁化方向が X 方向に安定しにくく、バルクハウゼンノイズが発生しやすくなっている。

【0008】本発明は上記従来の課題を解決するためのものであり、ハードバイアス層からフリー磁性層へは十分なバイアス磁界が与られるようにすると同時に、前記ハードバイアス層が、固定磁性層の磁化には影響を与えないような構造として、前記固定磁性層およびフリー磁性層の磁化を所定の方向に適正に単磁区化できるように

し、よって良好なマイクロトラックアシンメトリーが得られ、しかもバルクハウゼンノイズを低減させることが可能なスピバルブ型薄膜素子を提供することを目的としている。

#### 【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、反強磁性層の上に、前記反強磁性層との交換異方性磁界により磁化方向が固定される固定磁性層が形成され、その上に非磁性導電層、およびフリー磁性層が積層されており、さらに前記フリー磁性層の磁化方向を前記固定磁性層の磁化方向と交叉する方向へ揃えるバイアス層と、固定磁性層と非磁性導電層とフリー磁性層に検出電流を与える導電層とが設けられて成るスピバルブ型薄膜素子において、前記反強磁性層および前記固定磁性層は、前記非磁性導電層およびフリー磁性層の両側の領域に延びており、この両側領域の固定磁性層の上には、非磁性膜を介して前記バイアス層および電極層が積層されていることを特徴とするものである。

【0010】本発明では、この具体的な構造として図 1 を挙げるができる。また、前記非磁性膜は、体心立方構造で且つ (100) 配向性の金属膜で形成されていることが好ましい。

【0011】また本発明は、反強磁性層の上に、前記反強磁性層との交換異方性磁界により磁化方向が固定される固定磁性層が形成され、その上に非磁性導電層、およびフリー磁性層が積層されており、さらに前記フリー磁性層の磁化方向を前記固定磁性層の磁化方向と交叉する方向へ揃えるバイアス層と、固定磁性層と非磁性導電層とフリー磁性層に検出電流を与える導電層とが設けられて成るスピバルブ型薄膜素子において、前記反強磁性層、前記固定磁性層および非磁性導電層は、フリー磁性層の両側の領域に延びており、この両側領域の非磁性導電層の上に、前記バイアス層および電極層が積層されていることを特徴とするものである。

【0012】本発明では、この具体的な構造として図 2 を挙げるができる。なお、前記非磁性導電層とバイアス層との間には、体心立方構造で且つ (100) 配向性の非磁性の金属膜が形成されていることが好ましい。

【0013】本発明では、体心立方構造で且つ (100) 配向性の非磁性の金属膜として、Cr, Ti, Mo または  $W_{50}Mo_{50}$  を提示することができる。

【0014】さらに、本発明は、反強磁性層の上に、前記反強磁性層との交換異方性磁界により磁化方向が固定される固定磁性層が形成され、その上に非磁性導電層、およびフリー磁性層が積層されており、さらに前記フリー磁性層の磁化方向を前記固定磁性層の磁化方向と交叉する方向へ揃えるバイアス層と、固定磁性層と非磁性導電層とフリー磁性層に検出電流を与える導電層とが設けられて成るスピバルブ型薄膜素子において、前記フリー磁性層の上には一定の間隔を空けて、その間隔の両側

に体心立方構造で且つ(100)配向性の強磁性膜が形成されており、この強磁性膜の上に前記バイアス層および電極層が積層されていることを特徴とするものである。

【0015】本発明では、この具体的な構造として図3を挙げることができる。なお、前記強磁性膜は、Fe-X(X=Rh, Cr, Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Mn, Ru, Pd, Pt)合金またはFe-Co-Ni合金で形成されていることが好ましい。

【0016】本発明では、図1および図2に示すように、フリー磁性層4の両側が傾斜面に削り取られ、ハードバイアス層5が固定磁性層2の上に非磁性の層(図1では非磁性膜9、図2では非磁性導電層2のT2領域)を介して形成されているため、強いバイアス磁界を発生するハードバイアス層5の膜厚の厚い部分が、フリー磁性層4の側面に設けられており、従って前記フリー磁性層4には、前記ハードバイアス層5から十分なバイアス磁界が与えられている。また、ハードバイアス層5は固定磁性層2の両側ではなく、前記固定磁性層2から離れた位置に形成されているために、ハードバイアス層5からの磁界は固定磁性層2に印加されず、効率的にフリー磁性層4に集中して印加される。

【0017】なお、図1における非磁性膜9は、体心立方構造で且つ(100)配向性を有する金属膜で形成され、この金属膜が、図2では、T2領域の非磁性導電層3の上に形成されていることが好ましく、このような構造であると、ハードバイアス層5の保磁力Hcおよび角形比Sは大きくなり、ハードバイアス層5からのバイアス磁界は増大する。

【0018】以上により、図1および図2に示すフリー磁性層4は、その全領域において、固定磁性層2の磁化方向と直交する方向(図示X方向)に適正に単磁区化される。

【0019】また、前記ハードバイアス層5の下に、非磁性の層が形成されていることにより、ハードバイアス層と固定磁性層2との間で強磁性結合が発生せず、ハードバイアス層5からの磁化が前記非磁性の層に遮断され、前記固定磁性層2の磁化に影響を与えないものとなっている。

【0020】このように、本発明における固定磁性層2は、従来の固定磁性層2のように、ハードバイアス層5からの磁界の影響を受けるものではなく、従って図1および図2に示す固定磁性層2の磁化は、その全領域において、一定方向(図示Y方向)に固定されたものとなっている。また従来と異なり、ハードバイアス層5の下のT1領域(図1参照)、T2領域(図2参照)にも固定磁性層2および反強磁性層1が延出している。このため、固定磁性層2は、トラック幅よりもより長い範囲でY方向に固定されており、その結果、磁気記録媒体からの磁界による固定磁性層2の磁化のゆらぎの発生を一層防止

することが可能となっている。

【0021】また図3では、フリー磁性層4の上に一定の間隔を空けて、前記間隔の両側(T3領域)に、強磁性膜10を介してハードバイアス層5が形成されている。

【0022】ハードバイアス層5と前記強磁性膜10との界面、および前記強磁性膜10とT3領域のフリー磁性層4との界面における強磁性結合により、フリー磁性層4は、固定磁性層2の磁化と直交する方向(X方向)に容易にしかも適正に単磁区化される。

【0023】またハードバイアス層5は固定磁性層2から離れた位置に形成されているため、前記ハードバイアス層5からの洩れ磁界が、前記固定磁性層2の磁化に影響を与えることがなく、従って、図3における固定磁性層2の磁化は、その全領域において一定方向(図示Y方向)に適正に固定されたものとなっている。

【0024】このように、本発明では、固定磁性層2およびフリー磁性層4が、その全領域において、所定の方向(互いに直交する方向)に適正に単磁区化されたものとなっており、従って良好なマイクロトラックアシンメトリーを得ることができ、サーボエラーを引き起こすことがなくなる。また固定磁性層2およびフリー磁性層4の適正な単磁区化により、バルクハウゼンノイズが発生しにくくなる。

【0025】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の第1の実施形態のスピナルブ型薄膜素子の構造を示す断面図である。なお、図1ではX方向に延びる素子の中央部分のみを破断して示している。この薄膜磁気ヘッドは、ハードディスク装置に設けられた浮上式スライダのトレーリング側端部などに設けられて、ハードディスクなどの記録磁界を検出するものである。なお、ハードディスクなどの磁気記録媒体の移動方向はZ方向であり、磁気記録媒体からの洩れ磁界の方向はY方向である。

【0026】図1の最も下に形成されているのはTa(タンタル)などの非磁性材料で形成された下地層6である。この下地層6の上に反強磁性層1、固定磁性層(ピン磁性層)2が積層されている。前記反強磁性層1と固定磁性層2とが積層された状態で、所定の大きさの磁界中で熱処理が施されることにより、両層の界面で交換異方性磁界が得られ、前記固定磁性層2の磁化の方向がY方向に単磁区化され固定される。

【0027】本発明では、前記反強磁性層1にPt-Mn(白金-マンガン)合金を使用している。Pt-Mn合金は、Fe-Mn合金などに比べて耐食性に優れており、またブロッキング温度も高く、さらに230℃(UV樹脂のハードベイク工程の加熱温度)以下の熱処理温度でも交換異方性磁界を得ることができるなど、反強磁性材料として優れた特性を有している。また、Pt-Mn合金に代えて、Pd-Mn(パラジウム-マンガン)



合金、あるいはPt-Mn-X (X=Ni, Pd, Rh, Ru, Ir, Cr, Co) 合金、または従来から使用されているNi-Mn合金、Fe-Mn合金などを反強磁性層1として使用してもよい。

【0028】また、固定磁性層2は、Ni-Fe (ニッケル-鉄) 合金、Co (コバルト)、Fe-Co (鉄-コバルト) 合金、Fe-Co-Ni 合金などで形成されている。固定磁性層2の上には、Cu (銅) などの電気抵抗の低い非磁性導電層3が形成され、さらにフリー磁性層4、Taなどの保護層7が積層されている。なお、前記フリー磁性層4は、前述した固定磁性層2に使用される磁性材料で形成されている。

【0029】次に、図1に示す下地層6から保護層7までの積層体の製造方法について以下に説明する。下地層6から保護層7までの6層がスパッタにより成膜された後、非磁性導電層3、フリー磁性層4および保護層7をX方向の中心に残し、その両側部分 (T1領域) がイオンミリングなどのエッチング工程により除去される。このとき、固定磁性層2もエッチングの影響を受け、ある一定の深さまで削り取られてしまう場合があるが、固定磁性層2はできるだけ削り取られないようにすることが好ましい。このため、あらかじめ非磁性導電層3を固定磁性層2のT1領域の上面に少しだけ残すようにしてエッチング工程が施されると、固定磁性層2はエッチングの影響をあまり受けることがなく、エッチングにより削り取られる量を少量で抑えることができる。

【0030】図1に示すように、固定磁性層2のT1領域の上面から、非磁性導電層3、フリー磁性層4および保護層7の傾斜面にかけて、非磁性膜9が成膜されている。さらに、前記非磁性膜9の上には、ハードバイアス層5、導電層8が積層されている。本発明では、前記非磁性膜9が、体心立方構造 (bcc) で且つ (100) 配向性を有する金属膜で形成されることが好ましい。

【0031】結晶構造が体心立方構造で (100) 配向性を有する金属膜としては、Cr (クロム)、Ti (チタン)、Mo (モリブデン)、W (タングステン) またはW<sub>50</sub>Mo<sub>50</sub> (50, 50はat%) を提示することができる。非磁性膜9はこれらのうち1種の材料で形成されていてもよいし、あるいは2種以上の混合物で形成されていてもよい。

【0032】また、ハードバイアス層5、5は例えばCo-Pt (コバルト-白金) 合金やCo-Cr-Pt (コバルト-クロム-白金) 合金などで形成されている。体心立方構造で且つ (100) 配向性を有するCrなどの非磁性膜9の上に、Co-Pt 合金などのハードバイアス層5が形成されると、前記ハードバイアス層5の保磁力H<sub>c</sub>、および残留磁化 (B<sub>r</sub>) / 飽和磁束密度 (B<sub>s</sub>) で求められる角形比Sは大きくなる。その結果ハードバイアス層5から発生するバイアス磁界は増大する。

【0033】さらに本発明では、図1に示すように、ハードバイアス層5が、非磁性膜9を介してT1領域の固定磁性層2の上に形成されているため、フリー磁性層4の両側に形成されたハードバイアス層5の膜厚は、従来に比べて厚くなっており、従ってフリー磁性層4にハードバイアス層5からのバイアス磁界が十分に与えられている。また、ハードバイアス層5は固定磁性層2の両側ではなく、前記固定磁性層2から離れた位置に形成されているために、ハードバイアス層5からの磁界は固定磁性層2に印加されず、効率的にフリー磁性層4に集中して印加される。以上により、本発明におけるフリー磁性層4は、その全領域においてX方向に適正に単磁区化されたものとなっている。

【0034】また、固定磁性層2の上には直接、ハードバイアス層5が形成されておらず、非磁性膜9が介在しているので、固定磁性層2とハードバイアス層5との間で強磁性結合が発生することがない。その結果、非磁性膜9の介在により、ハードバイアス層5の磁化が、前記非磁性膜9で遮断され、固定磁性層2の磁化に影響を与えることがない。このように、前記固定磁性層2は、ハードバイアス層5の影響を受けることがなく、従って前記固定磁性層2は、その全領域において、Y方向に適正に単磁区化され固定されたものとなっている。

【0035】また従来と異なり、ハードバイアス層5の下側のT1領域にも固定磁性層2および反強磁性層1が延出している。このため、固定磁性層2は、トラック幅よりもより長い範囲でY方向に固定されており、その結果、磁気記録媒体からの磁界による固定磁性層2の磁化のゆらぎの発生を一層防止することが可能となっている。なお、本発明では非磁性膜9が、体心立方構造で且つ (100) 配向性を有する金属膜以外に、例えばSiO<sub>2</sub>などの非磁性材料で形成されていても、固定磁性層2およびフリー磁性層4の磁化を適正な方向に揃えることが可能である。

【0036】図2は、図1に示す本発明のスピバルブ型薄膜素子の変形例である。なお、磁気記録媒体の移動方向はZ方向であり、磁気記録媒体からの洩れ磁界の方向はY方向である。図2に示すスピバルブ型薄膜素子は、図1に示すスピバルブ型薄膜素子と同様に、下から下地層6、反強磁性層1、固定磁性層2、非磁性導電層3、フリー磁性層4、および保護層7が順に積層されている。そして、固定磁性層2は反強磁性層1との界面での交換異方性結合によりY方向に単磁区化され固定されている。

【0037】図2に示すように、フリー磁性層4および保護層7はX方向の中心に残され、下地層6、反強磁性層1、固定磁性層2および非磁性導電層3が、前記フリー磁性層4および保護層7よりもさらにX方向の両側の領域 (T2領域) に延びている。そして、非磁性導電層3のT2領域の上面から、フリー磁性層4および保護

層7の傾斜面にかけて、ハードバイアス層5が成膜されている。さらに、前記ハードバイアス層5の上には導電層8が形成されている。前記ハードバイアス層5はX方向に単磁区化されており、前記ハードバイアス層5からのバイアス磁界により、フリー磁性層4がX方向に単磁区化される。

【0038】図1と図2に示すスピバルブ型薄膜素子を比較してみると、図2に示すスピバルブ型薄膜素子では、非磁性導電層3がフリー磁性層4よりも両側の領域(T2領域)に延びている。従って図2では、T2領域の前記非磁性導電層3が、ハードバイアス層5と固定磁性層2との間に介在することになり、このため、ハードバイアス層5と固定磁性層2間には強磁性結合が発生せず、またハードバイアス層5からの洩れ磁界が、前記非磁性導電層3で遮断され、前記洩れ磁界が固定磁性層2の磁化に影響を与えることがない。従って、固定磁性層2は、その全領域においてY方向に適正に単磁区化され固定されたものとなっている。

【0039】また、図2に示すように、ハードバイアス層5は、フリー磁性層4と同じ非磁性導電層3上から形成されているので、強いバイアス磁界を発生するハードバイアス層5の膜厚の厚い部分が、フリー磁性層4の両側に形成されることになり、従って、フリー磁性層4はX方向に適正に単磁区化される。また、ハードバイアス層5は固定磁性層2の両側ではなく、前記固定磁性層2から離れた位置に形成されているために、ハードバイアス層5からの磁界は固定磁性層2に印加されず、効率的にフリー磁性層4に集中して印加される。

【0040】さらに、図2に示すスピバルブ型薄膜素子では、図1で説明した体心立方構造で且つ(100)配向性を有する例えばCrの金属膜が、非磁性導電層3のT2領域の上面からフリー磁性層4および保護層7の傾斜面にかけて成膜されていてもよい。このような構造であると、ハードバイアス層5の保磁力 $H_c$ 、角形比 $S$ は大きくなり、ハードバイアス層5から発生するバイアス磁界は増大する。その結果、フリー磁性層4の磁化はよりX方向に単磁区化されやすくなる。

【0041】図3は、本発明の他の実施形態のスピバルブ型薄膜素子の構造を示す断面図である。図に示すように、下から下地層6、反強磁性層1、固定磁性層2、非磁性導電層3、およびフリー磁性層4が順に積層されている。なお、固定磁性層2は、反強磁性層1との界面での交換異方性磁界によりY方向に単磁区化されている。前記フリー磁性層4の上にはX方向の中央に一定の間隔を空けて、その間隔の両側領域(T3領域)に強磁性膜10、ハードバイアス層5、および導電層8が積層されている。

【0042】そして、前記導電層8の上面からフリー磁性層4の上面にかけて保護層7が形成されている。本発明における前記強磁性膜10は、体心立方構造で且つ

(100)配向性を有した金属膜であり、例えば、Fe-X(X=Rh, Cr, Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Mn, Ru, Pd, Pt)合金やFe-Co-Ni合金で形成されている。

【0043】次に、図3におけるフリー磁性層4の単磁区化の仕組みについて以下に説明する。なお、ハードバイアス層5は図示X方向に磁化されている。強磁性膜10の磁化は、前記強磁性膜10とハードバイアス層5との界面での強磁性結合によりX方向に単磁区化される。さらにT3領域におけるフリー磁性層4の磁化は、前記フリー磁性層4と強磁性膜10との界面での強磁性結合によりX方向に単磁区化される。T3領域以外(上面に強磁性膜10が形成されていない)のフリー磁性層4の磁化は、X方向に単磁区化されたT3領域のフリー磁性層4の磁化により、徐々にX方向に磁化されてゆき、フリー磁性層4の全体がX方向に適正に単磁区化される。

【0044】また、ハードバイアス層5からの洩れ磁界が直接、フリー磁性層4に流れこんでいる。また、ハードバイアス層5は固定磁性層2から離れた位置に形成されているために、ハードバイアス層5からの磁界は固定磁性層2に印加されず、効率的にフリー磁性層4に集中して印加される。これにより前記フリー磁性層4が、より一層X方向に適正に単磁区化されやすくなっている。

【0045】また、図3に示すスピバルブ型薄膜素子では、ハードバイアス層5が、固定磁性層2から、離れた位置に形成されており、従って、ハードバイアス層5からの洩れ磁界は、前記固定磁性層2の磁化に影響を与えないものとなっている。このように、固定磁性層2はハードバイアス層5の影響を受けることがなく、従って前記固定磁性層2は、その全領域において適正にY方向に単磁区化され固定されたものとなっている。また、ハードバイアス層5の下側のT3領域にも固定磁性層2および反強磁性層1が延出している。このため、固定磁性層2は、トラック幅よりもより長い範囲でY方向に固定されており、その結果、磁気記録媒体からの磁界による固定磁性層2の磁化のゆらぎの発生を一層防止することが可能となっている。

【0046】以上、詳述した各実施形態におけるスピバルブ型薄膜素子では、導電層8から固定磁性層2、非磁性導電層3およびフリー磁性層4に定常電流(検出電流)が与えられ、しかも記録媒体からY方向へ磁界が与えられると、フリー磁性層4の磁化方向がX方向からY方向へ向けて変化する。このとき、フリー磁性層4と固定磁性層2のうち片方の層から他方の層へ移動しようとする電子が、非磁性導電層3と固定磁性層2との界面、または非磁性導電層3とフリー磁性層4との界面で散乱を起こし、電気抵抗が変化する。よって定常電流が変化し、検出出力を得ることができる。

【0047】本発明では、各実施形態において、固定磁性層2がY方向に適正に単磁区化され、且つフリー磁性

層4がX方向に適正に単磁区化されており、前記固定磁性層2とフリー磁性層4との磁化が全領域において交叉する関係となっている。従って良好なマイクロトラックアシンメトリーを得ることができ、サーボエラーを引き起こすことがなく、またバルクハウゼンノイズの発生を低減させることができる。

【0048】

【発明の効果】以上詳述した本発明によれば、フリー磁性層にバイアス磁界を与えるハードバイアス層を固定磁性層の上に非磁性の層を介して形成することにより、強いバイアス磁界を発生するハードバイアス層の膜厚の厚い部分を、フリー磁性層の両側に隣接でき、また特に、前記非磁性の層を体心立方構造で且つ(100)配向性を有する金属膜により形成すると、ハードバイアス層の磁気特性(保磁力、角形比)を向上させることができ、フリー磁性層の磁化を固定磁性層の磁化方向と交叉する方向に適正に単磁区化できる。

【0049】また、ハードバイアス層と固定磁性層との間に非磁性の層を介在させることにより、強磁性結合の発生を防止でき、ハードバイアス層の磁化を前記非磁性の層で遮断でき、このため固定磁性層は前記ハードバイアス層の磁化の影響を受けることがない。従って前記固定磁性層の磁化を一定方向に適正に単磁区化し固定しておくことができる。

【0050】また、本発明では、フリー磁性層の上に体心立方構造で且つ(100)配向性を有する強磁性膜を一定の間隔を空けて形成して、この強磁性膜の上にハードバイアス層を形成すると、強磁性結合により、フリー磁性層の磁化を固定磁性層の磁化方向と交叉する方向に適正に単磁区化できる。

【0051】またこのような構造であると、ハードバイアス層を固定磁性層から離れた位置に形成できるので、前記固定磁性層はハードバイアス層の影響を受けることがなく、従って前記固定磁性層の磁化を一定方向に適正に単磁区化し固定しておくことができる。

【0052】以上により本発明では、固定磁性層およびフリー磁性層を所定の方向に適正に単磁区化でき、従って良好なマイクロトラックアシンメトリーを得ることができ、サーボエラーを引き起こすことがなく、またバルクハウゼンノイズの発生を低減できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態のスピンバルブ型薄膜素子の構造を示す断面図、

【図2】本発明の第2の実施形態のスピンバルブ型薄膜素子の構造を示す断面図、

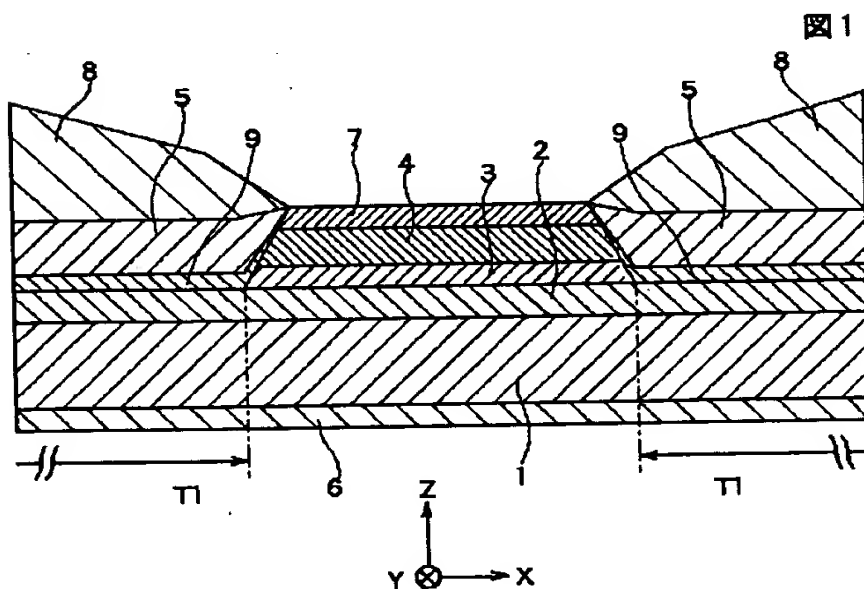
【図3】本発明の第3の実施形態のスピンバルブ型薄膜素子の構造を示す断面図、

【図4】従来のスピンバルブ型薄膜素子の構造を示す断面図、

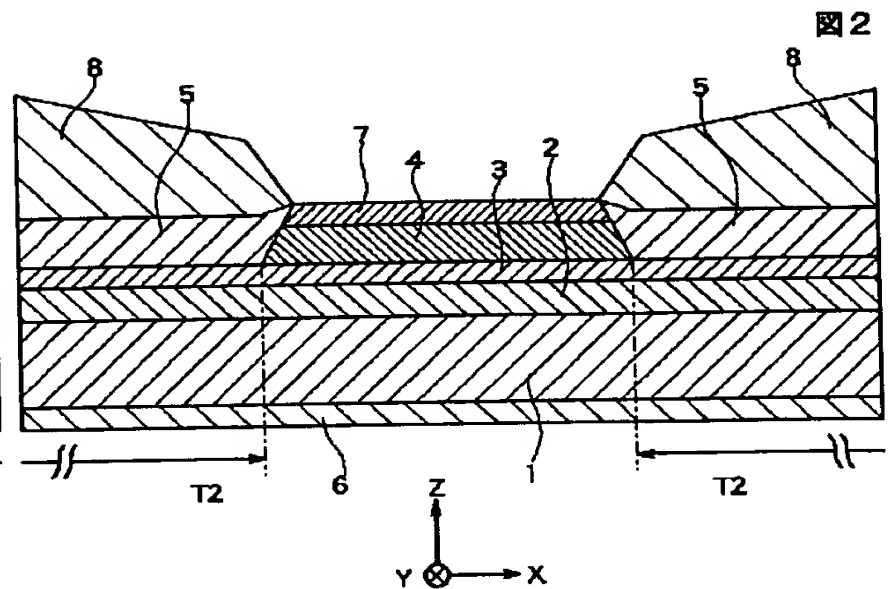
【符号の説明】

- 1 反強磁性層
- 2 固定磁性層
- 3 非磁性導電層
- 4 フリー磁性層
- 5 ハードバイアス層
- 6 下地層
- 7 保護層
- 8 導電層
- 9 非磁性膜
- 10 強磁性膜

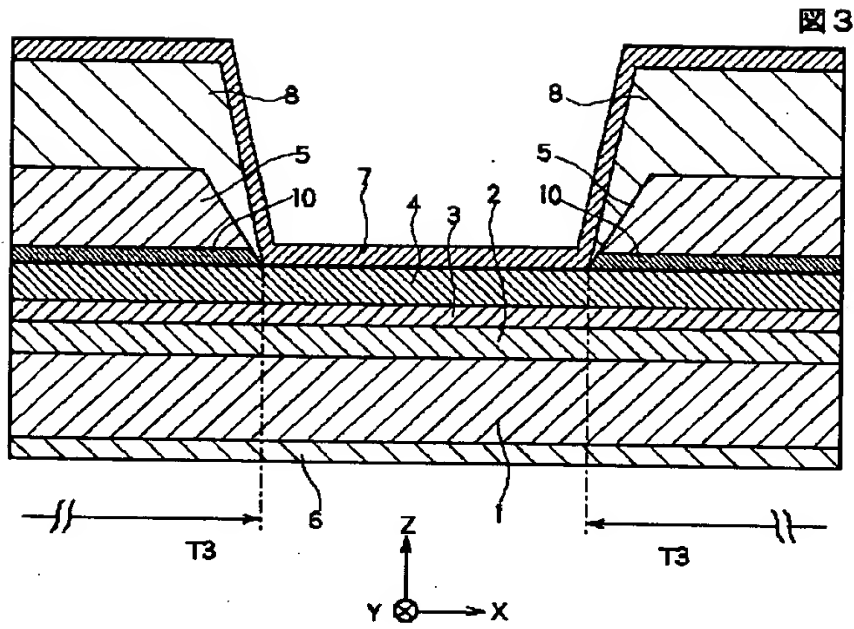
【図1】



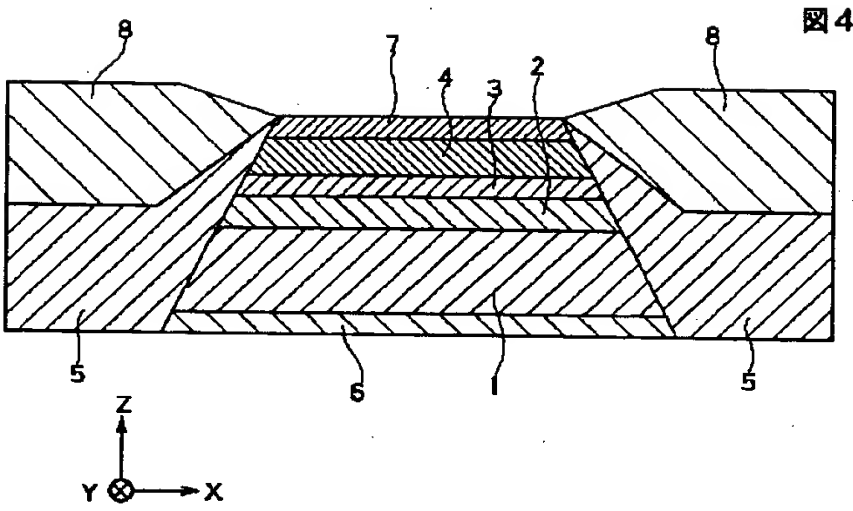
【図2】



【図3】



【図4】





# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-341048

(43)Date of publication of application : 22.12.1998

(51)Int.Cl.

H01L 43/08

G11B 5/39

H01F 10/00

(21)Application number : 09-149318

(71)Applicant : ALPS ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 06.06.1997

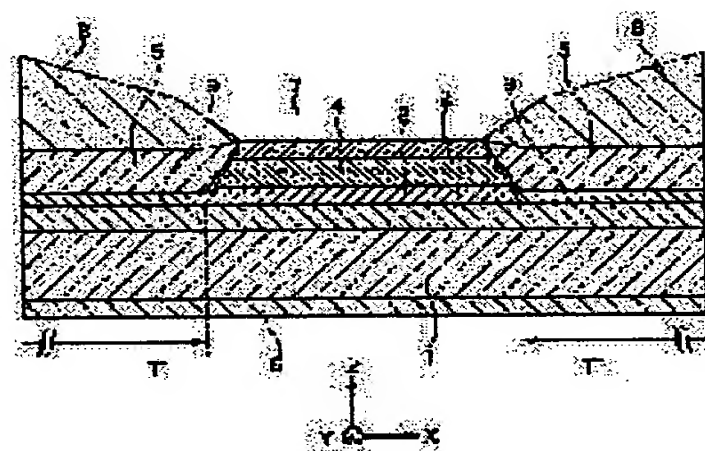
(72)Inventor : SAITO MASAJI  
WATANABE TOSHINORI

## (54) SPIN VALVE TYPE THIN-FILM DEVICE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To adequately form single magnetic domains with fixed and free magnetic layers in a predetermined direction so as to obtain a good microtrack asymmetry, asymmetry, thereby reducing the Barkhausen noise, without causing the servo error.

**SOLUTION:** A hard bias layer 5 is formed on a fixed magnetic layer 3 via a non-magnetic film 9 and hence fully gives a magnetic field to a free magnetic layer 4, and the interposing of the film 9 protects the magnetic layer 2 against the effects the bias layer 5. Thus both the layers 2 and 4 adequately form single magnetic domains to result in the reduction of the Barkhausen noise, provided a good microtrack asymmetry.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

25.10.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3263004

[Date of registration]

21.12.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**\* NOTICES \***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

**[Claim(s)]**

[Claim 1] On an antiferromagnetism layer, the fixed magnetic layer to which the magnetization direction is fixed by the exchange anisotropy field with said antiferromagnetism layer is formed. The bias layer which the laminating of a nonmagnetic conductive layer and the free magnetic layer is carried out on it, and arranges the magnetization direction of said free magnetic layer further in the magnetization direction of said fixed magnetic layer, and the crossing direction, In the spin bulb mold thin film of which a fixed magnetic layer, a nonmagnetic conductive layer, and the conductive layer that gives a detection current to a free magnetic layer are prepared, and consists said antiferromagnetism layer and said fixed magnetic layer The spin bulb mold thin film which has been prolonged to the field of the both sides of said nonmagnetic conductive layer and a free magnetic layer, and is characterized by carrying out the laminating of said bias layer and the electrode layer through a nonmagnetic membrane on the fixed magnetic layer of this both-sides field.

[Claim 2] Said nonmagnetic membrane is a spin bulb mold thin film according to claim 1 which is body-centered cubic structure, and (100) is formed by the metal membrane of a stacking tendency.

[Claim 3] On an antiferromagnetism layer, the fixed magnetic layer to which the magnetization direction is fixed by the exchange anisotropy field with said antiferromagnetism layer is formed. The bias layer which the laminating of a nonmagnetic conductive layer and the free magnetic layer is carried out on it, and arranges the magnetization direction of said free magnetic layer further in the magnetization direction of said fixed magnetic layer, and the crossing direction, In the spin bulb mold thin film of which a fixed magnetic layer, a nonmagnetic conductive layer, and the conductive layer that gives a detection current to a free magnetic layer are prepared, and consists Said antiferromagnetism layer, said fixed magnetic layer, and a nonmagnetic conductive layer are a spin bulb mold thin film characterized by having extended to the field of the both sides of a free magnetic layer, and carrying out the laminating of said bias layer and the electrode layer on the nonmagnetic conductive layer of this both-sides field.

[Claim 4] The spin bulb mold thin film according to claim 3 by which the nonmagnetic metal membrane which is body-centered cubic structure, and (100) has a stacking tendency is formed between said nonmagnetic conductive layers and bias layers.

[Claim 5] Said metal membrane is a spin bulb mold thin film according to claim 2 or 4 currently formed by either Cr, Ti, Mo or W50MO50.

[Claim 6] On an antiferromagnetism layer, the fixed magnetic layer to which the magnetization direction is fixed by the exchange anisotropy field with said antiferromagnetism layer is formed. The bias layer which the laminating of a nonmagnetic conductive layer and the free magnetic layer is carried out on it, and arranges the magnetization direction of said free magnetic layer further in the magnetization direction of said fixed magnetic layer, and the crossing direction, In the spin bulb mold thin film of which a fixed magnetic layer, a nonmagnetic conductive layer, and the conductive layer that gives a detection current to a free magnetic layer are prepared, and consists The spin bulb mold thin film characterized by vacating fixed spacing on said free magnetic layer, being body-centered cubic structure, and (100) forming the ferromagnetic of a stacking tendency in the both sides of that spacing, and carrying out the laminating of said bias layer and the electrode layer on this ferromagnetic.

[Claim 7] Said ferromagnetic is a spin bulb mold thin film according to claim 6 currently formed with the Fe-X (X=Rh, Cr, Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Mn, Ru, Pd, Pt) alloy or the Fe-Co-nickel alloy.

---

[Translation done.]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**\* NOTICES \***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

**[Detailed Description of the Invention]**

**[0001]**

**[Field of the Invention]** This invention relates to the so-called spin bulb mold thin film from which electric resistance changes by the relation between the direction of magnetization of a fixed magnetic layer (pin (Pinned) magnetic layer), and the direction of the magnetization of a free (Free) magnetic layer influenced of an external magnetic field, and especially, as it can carry out [ single domain ]-izing of the magnetization with a fixed magnetic layer and a free magnetic layer proper, it relates to the spin bulb mold thin film which is made to reduce a Barkhausen noise and enabled it to obtain good micro track asymmetry.

**[0002]**

**[Description of the Prior Art]** Drawing 4 is the sectional view showing the conventional structure of a spin bulb mold thin film (spin bulb mold thin film magnetic head) of detecting the record field from record media, such as a hard disk. The laminating of the antiferromagnetism layer 1, the fixed magnetic layer (pin (Pinned) magnetic layer) 2, the nonmagnetic conductive layer 3, and the free (Free) magnetic layer 4 is carried out, and, as for this spin bulb mold thin film, the hard bias layers 5 and 5 are formed in those both sides. Generally the Co-Pt (cobalt-platinum) alloy film etc. is used for Cu (copper) film and the hard bias layers 5 and 5 by the Fe-Mn (iron-manganese) alloy film, the nickel-Mn (nickel-manganese) alloy film, the fixed magnetic layer 2, and the free magnetic layer 4 at the Fe-nickel (iron-nickel) alloy film and the nonmagnetic conductive layer 3 at the antiferromagnetism layer 1. In addition, signs 6 and 7 are the substrate layers and protective layers which were formed by non-magnetic materials, such as Ta (tantalum).

**[0003]** As shown in drawing, the antiferromagnetism layer 1 and the fixed magnetic layer 2 touch, and are formed, said fixed magnetic layer 2 is single-domain-ized in the direction of Y by the exchange anisotropy field by the switched connection in an interface with said antiferromagnetism layer 1, and the direction of magnetization is fixed in the direction of Y. Said exchange anisotropy field is produced in the interface of said antiferromagnetism layer 1 and said fixed magnetic layer 2 by performing annealing treatment (heat treatment), giving a field in the direction of Y. Moreover, in response to the effect of the hard bias layers 5 and 5 magnetized in the direction of X, the magnetization direction of said free magnetic layer 4 is arranged in the direction of X.

**[0004]** Six layers from the substrate layer 6 to a protective layer 7 are formed first, it is etching processes, such as ion milling, after that, as the manufacture approach of the spin bulb mold thin film shown in drawing 4, it is shaved off so that said flank of six layers may serve as an inclined plane, and the hard bias layers 5 and 5 are formed by said both sides of six layers after that. In this spin bulb mold thin film, the stationary current (detection current) is given to the fixed magnetic layer 2, the nonmagnetic conductive layer 3, and the free magnetic layer 4 from the hard bias layer 5 and the conductive layers 8 and 8 formed on five. The transit direction of record media, such as a hard disk, is a Z direction, and if given in the direction of leak field Y from a record medium, magnetization of the free magnetic layer 4 will change from X towards the direction of Y. Electric resistance changes by the relation between fluctuation of the direction of magnetization within this free magnetic layer 4, and the fixed magnetization direction of the fixed magnetic layer 2, and the leak field from a record medium is detected by the electrical-potential-difference change based on this electric resistance value change.

**[0005]**

**[Problem(s) to be Solved by the Invention]** However, the following troubles occur in the conventional spin bulb mold thin film shown in drawing 4. Although it is fixed in the direction of illustration Y as magnetization of the fixed magnetic layer 2 was mentioned above, the hard bias layers 5 and 5 magnetized in the direction of X are formed in the both sides of said fixed magnetic layer 2. Therefore, especially, magnetization of the both ends of the fixed magnetic layer 2 is influenced of the bias field from said hard bias layers 5 and 5, and is no longer fixed in the direction of illustration Y.

**[0006]** In a spin bulb mold thin film, magnetization of the fixed magnetic layer 2 that is, in the direction of illustration Y Magnetization of the free magnetic layer 4 is single-domain-ized in the direction of illustration X. Magnetization with said fixed magnetic layer 2 and free magnetic layer 4 Although it is desirable to be made the relation which intersects perpendicularly in all the fields, the magnetization relation to near the both ends of the fixed magnetic layer 2 and the free magnetic layer 4 Since magnetization of the fixed magnetic layer 2 is not being fixed in the direction of Y, there is nothing to orthogonality relation, and it is impossible to obtain good micro track asymmetry in near [ said ] both ends. Here, micro track asymmetry is the vertical symmetric property of a playback output wave measured in the width of recording track minuter than the actual width of recording track.



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

[0007] When micro track asymmetry is measured, if the playback output value in all parts is the same height, it can say that micro track asymmetry is in a good condition, but if the micro track asymmetry in near the both ends of the fixed magnetic layer 2 and the free magnetic layer 4 which are shown in drawing 4 is measured, the height of a playback output value is an ununiformity, that is, micro track asymmetry is in the condition of having got worse. If micro track asymmetry is in a bad condition, track location detection cannot be performed correctly but it will become easy to cause a servo error. Moreover, in the spin bulb mold thin film shown in drawing 4 in addition to the problem mentioned above, since the thickness of the hard bias layers 5 and 5 prepared in the both sides of the free magnetic layer 4 becomes thin substantially, sufficient bias field to the direction of X cannot be given to said free magnetic layer 4 from said hard bias layers 5 and 5, therefore the magnetization direction of the free magnetic layer 4 cannot be easily stabilized in the direction of X, and it is easy to generate a Barkhausen noise.

[0008] At the same time this invention is for solving the above-mentioned conventional technical problem and it makes it sufficient bias field participate in a free magnetic layer from a hard bias layer Said hard bias layer as structure where magnetization of a fixed magnetic layer is not affected -izing of the magnetization of said fixed magnetic layer and a free magnetic layer can be been [ single domain ] made to carry out proper in the predetermined direction, therefore good micro track asymmetry is obtained, and it aims at offering the spin bulb mold thin film which can moreover reduce a Barkhausen noise.

[0009]

[Means for Solving the Problem] As for this invention, the fixed magnetic layer to which the magnetization direction is fixed by the exchange anisotropy field with said antiferromagnetism layer is formed on an antiferromagnetism layer. The bias layer which the laminating of a nonmagnetic conductive layer and the free magnetic layer is carried out on it, and arranges the magnetization direction of said free magnetic layer further in the magnetization direction of said fixed magnetic layer, and the crossing direction, In the spin bulb mold thin film of which a fixed magnetic layer, a nonmagnetic conductive layer, and the conductive layer that gives a detection current to a free magnetic layer are prepared, and consists said antiferromagnetism layer and said fixed magnetic layer It has extended to the field of the both sides of said nonmagnetic conductive layer and a free magnetic layer, and is characterized by carrying out the laminating of said bias layer and the electrode layer through a nonmagnetic membrane on the fixed magnetic layer of this both-sides field.

[0010] In this invention, drawing 1 can be mentioned as this concrete structure. Moreover, said nonmagnetic membrane is body-centered cubic structure, and (100) being formed by the metal membrane of a stacking tendency is desirable.

[0011] Moreover, as for this invention, the fixed magnetic layer to which the magnetization direction is fixed by the exchange anisotropy field with said antiferromagnetism layer is formed on an antiferromagnetism layer. The bias layer which the laminating of a nonmagnetic conductive layer and the free magnetic layer is carried out on it, and arranges the magnetization direction of said free magnetic layer further in the magnetization direction of said fixed magnetic layer, and the crossing direction, In the spin bulb mold thin film of which a fixed magnetic layer, a nonmagnetic conductive layer, and the conductive layer that gives a detection current to a free magnetic layer are prepared, and consists Said antiferromagnetism layer, said fixed magnetic layer, and the nonmagnetic conductive layer are prolonged to the field of the both sides of a free magnetic layer, and are characterized by carrying out the laminating of said bias layer and the electrode layer on the nonmagnetic conductive layer of this both-sides field.

[0012] In this invention, drawing 2 can be mentioned as this concrete structure. In addition, it is desirable that are body-centered cubic structure, and (100) the nonmagnetic metal membrane of a stacking tendency is formed between said nonmagnetic conductive layers and bias layers.

[0013] In this invention, it is body-centered cubic structure, and (100) Cr, Ti, Mo, or W50MO50 can be shown as a nonmagnetic metal membrane of a stacking tendency.

[0014] Furthermore, as for this invention, the fixed magnetic layer to which the magnetization direction is fixed by the exchange anisotropy field with said antiferromagnetism layer is formed on an antiferromagnetism layer. The bias layer which the laminating of a nonmagnetic conductive layer and the free magnetic layer is carried out on it, and arranges the magnetization direction of said free magnetic layer further in the magnetization direction of said fixed magnetic layer, and the crossing direction, In the spin bulb mold thin film of which a fixed magnetic layer, a nonmagnetic conductive layer, and the conductive layer that gives a detection current to a free magnetic layer are prepared, and consists Fixed spacing is vacated on said free magnetic layer, it is body-centered cubic structure, and (100) the ferromagnetic of a stacking tendency is formed in the both sides of that spacing, and it is characterized by carrying out the laminating of said bias layer and the electrode layer on this ferromagnetic.

[0015] In this invention, drawing 3 can be mentioned as this concrete structure. In addition, as for said ferromagnetic, it is desirable to be formed with the Fe-X (X=Rh, Cr, Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Mn, Ru, Pd, Pt) alloy or the Fe-Co-nickel alloy.

[0016] In this invention, as shown in drawing 1 and drawing 2, the both sides of the free magnetic layer 4 are shaved off in an inclined plane. Since the hard bias layer 5 is formed through the nonmagnetic layer ( drawing 1 a nonmagnetic membrane 9 and drawing 2 2Nonmagnetic conductive layer 2 field) on the fixed magnetic layer 2, The thick part of the thickness of the hard bias layer 5 which generates a strong bias field is prepared in the side face of the free magnetic layer 4, therefore sufficient bias field is given to said free magnetic layer 4 from said hard bias layer 5. Moreover, there is no hard bias layer 5 in the both sides of the fixed magnetic layer 2, and since it is formed in the location distant from said fixed magnetic layer 2, the field from the hard bias layer 5 is not impressed to the fixed magnetic layer 2, but is efficiently concentrated and impressed to the free magnetic layer 4.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

[0017] In addition, the nonmagnetic membrane 9 in drawing 1 is formed by the metal membrane which is body-centered cubic structure, and (100) has a stacking tendency, the coercive force  $H_c$  and the remanence ratio  $S$  of the hard bias layer 5 become it large that it is desirable that this metal membrane is formed on the nonmagnetic conductive layer 3 of T2 field by drawing 2, and it is such structure, and the bias field from the hard bias layer 5 increases.

[0018] It is single-domain-ized proper in the direction (the direction of illustration X) in which the magnetization direction of the fixed magnetic layer 2 and the free magnetic layer 4 shown in drawing 1 and drawing 2 cross at right angles in all the fields by the above.

[0019] Moreover, by forming the nonmagnetic layer in the bottom of said hard bias layer 5, ferromagnetic association does not occur between a hard bias layer and the fixed magnetic layer 2, and the magnetization from the hard bias layer 5 is intercepted by said nonmagnetic layer, and has not affected magnetization of said fixed magnetic layer 2.

[0020] Thus, the fixed magnetic layer 2 in this invention is not influenced of the field from the hard bias layer 5 like the conventional fixed magnetic layer 2, and magnetization of the fixed magnetic layer 2 shown in drawing 1 and drawing 2 was being fixed in the fixed direction (the direction of illustration Y) in all the fields. Moreover, unlike the former, the fixed magnetic layer 2 and the antiferromagnetism layer 1 have extended also to T1 field under the hard bias layer 5 (refer to drawing 1), and T2 field (refer to drawing 2). For this reason, it is fixed in the direction of Y in the range longer than the width of recording track, consequently the fixed magnetic layer 2 can prevent further generating of fluctuation of magnetization of the fixed magnetic layer 2 by the field from a magnetic-recording medium.

[0021] Moreover, in drawing 3, fixed spacing is vacated on the free magnetic layer 4, and the hard bias layer 5 is formed in the both sides (T3 field) of said spacing through the ferromagnetic 10.

[0022] The free magnetic layer 4 is single-domain-ized easily and proper in the direction (the direction of X) which intersects perpendicularly with magnetization of the fixed magnetic layer 2 by ferromagnetic association in the interface of the hard bias layer 5 and said ferromagnetic 10, and the interface of said ferromagnetic 10 and free magnetic layer 4 of T3 field.

[0023] Moreover, since the hard bias layer 5 was formed in the location distant from the fixed magnetic layer 2, the leak field from said hard bias layer 5 did not affect magnetization of said fixed magnetic layer 2, therefore magnetization of the fixed magnetic layer 2 in drawing 3 was being fixed in the fixed direction (the direction of illustration Y) proper in all the fields.

[0024] Thus, in this invention, the fixed magnetic layer 2 and the free magnetic layer 4 are what was single-domain-ized proper in the predetermined direction (direction which intersects perpendicularly mutually) in all the fields, therefore good micro track asymmetry can be obtained, and causing a servo error is lost. Moreover, it is hard coming to generate a Barkhausen noise by proper single domain-ization of the fixed magnetic layer 2 and the free magnetic layer 4.

[0025]

[Embodiment of the Invention] Drawing 1 is the sectional view showing the structure of the spin bulb mold thin film of the 1st operation gestalt of this invention. In addition, drawing 1 fractures and shows only the central part of the component prolonged in the direction of X. This thin film magnetic head is prepared in the trailing side edge section of the surfacing type slider formed in the hard disk drive unit etc., and detects record fields, such as a hard disk. In addition, the migration direction of magnetic-recording media, such as a hard disk, is a Z direction, and the direction of the leak field from a magnetic-recording medium is the direction of Y.

[0026] The substrate layer 6 formed by non-magnetic materials, such as Ta (tantalum), is formed in the bottom of drawing 1. The laminating of the antiferromagnetism layer 1 and the fixed magnetic layer (pin magnetic layer) 2 is carried out on this substrate layer 6. an exchange anisotropy field obtains by the interface of both layers by performing heat treatment in the field of predetermined magnitude, where the laminating of said antiferromagnetism layer 1 and fixed magnetic layer 2 is carried out — having — the direction of magnetization of said fixed magnetic layer 2 — the direction of Y — a single domain — it is-izing and fixed.

[0027] In this invention, the Pt-Mn (platinum-manganese) alloy is used for said antiferromagnetism layer 1. The Pt-Mn alloy has the property which was excellent as an antiferromagnetism ingredient — compared with the Fe-Mn alloy etc., it excels in corrosion resistance, and blocking temperature is also high and an exchange anisotropy field can be acquired also with the heat treatment temperature below 230 more degrees C (heating temperature of the postbake process of UV resin). Moreover, it may replace with a Pt-Mn alloy and a Pd-Mn (palladium-manganese) alloy, a Pt-Mn-X (X=nickel, Pd, Rh, Ru, Ir, Cr, Co) alloy or the nickel-Mn alloy currently used from the former, a Fe-Mn alloy, etc. may be used as an antiferromagnetism layer 1.

[0028] Moreover, the fixed magnetic layer 2 is formed with a nickel-Fe (nickel-iron) alloy, Co (cobalt), the Fe-Co (iron-cobalt) alloy, the Fe-Co-nickel alloy, etc. On the fixed magnetic layer 2, the nonmagnetic conductive layer 3 with low electric resistance, such as Cu (copper), is formed, and the laminating of the protective layers 7, such as the free magnetic layer 4 and Ta, is carried out further. In addition, said free magnetic layer 4 is formed with the magnetic material used for the fixed magnetic layer 2 mentioned above.

[0029] Next, the manufacture approach of the layered product from the substrate layer 6 shown in drawing 1 to a protective layer 7 is explained below. After six layers from the substrate layer 6 to a protective layer 7 are formed by the spatter, it leaves the nonmagnetic conductive layer 3, the free magnetic layer 4, and a protective layer 7 to the core of the direction of X, and the both-sides part (T1 field) is removed by etching processes, such as ion

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



milling. Although the fixed magnetic layer 2 is also influenced of etching and may be shaved off by fixed Mr. Fukashi of a certain at this time, as for the fixed magnetic layer 2, it is desirable to make it not shaved off as much as possible. For this reason, if an etching process is given as only a few leaves the nonmagnetic conductive layer 3 beforehand to the top face of 2Tfixed magnetic layer 1 field, the fixed magnetic layer 2 is little and can stop the amount which is seldom influenced of etching and is shaved off by etching.

[0030] As shown in drawing 1, from the top face of 2Tfixed magnetic layer 1 field, it applies to the inclined plane of the nonmagnetic conductive layer 3, the free magnetic layer 4, and a protective layer 7, and the nonmagnetic membrane 9 is formed. Furthermore, on said nonmagnetic membrane 9, the laminating of the hard bias layer 5 and the conductive layer 8 is carried out. this invention — said nonmagnetic membrane 9 — body-centered cubic structure (bcc) — and (100) it is desirable to be formed by the metal membrane which has a stacking tendency.

[0031] As a metal membrane which has a stacking tendency (100) by body-centered cubic structure, the crystal structure can present Cr (chromium), Ti (titanium), Mo (molybdenum), W (tungsten), or W50MO50 (50 and 50 are at%). The nonmagnetic membrane 9 may be formed with one sort of ingredients among these, or may be formed with two or more sorts of mixture.

[0032] Moreover, the hard bias layers 5 and 5 are formed with for example, the Co-Pt (cobalt-platinum) alloy, the Co-Cr-Pt (cobalt-chromium-platinum) alloy, etc. If the hard bias layers 5, such as a Co-Pt alloy, are formed on the nonmagnetic membranes 9, such as Cr which is body-centered cubic structure, and (100) has a stacking tendency, the remanence ratio S called for by the coercive force  $H_c$  of said hard bias layer 5, and residual magnetization (Br) / saturation magnetic flux density (Bs) will become large. The bias field generated from the hard bias layer 5 as a result increases.

[0033] Furthermore, the thickness of the hard bias layer 5 formed in the both sides of the free magnetic layer 4 since the hard bias layer 5 was formed on the fixed magnetic layer 2 of T1 field through the nonmagnetic membrane 9 in this invention as shown in drawing 1 is thick compared with the former, therefore the bias field from the hard bias layer 5 is fully given to the free magnetic layer 4. Moreover, there is no hard bias layer 5 in the both sides of the fixed magnetic layer 2, and since it is formed in the location distant from said fixed magnetic layer 2, the field from the hard bias layer 5 is not impressed to the fixed magnetic layer 2, but is efficiently concentrated and impressed to the free magnetic layer 4. The free magnetic layer 4 in this invention was single-domain-ized proper in the direction of X in all the fields by the above.

[0034] Moreover, since the hard bias layer 5 is not directly formed on the fixed magnetic layer 2 but the nonmagnetic membrane 9 intervenes, ferromagnetic association does not occur between the fixed magnetic layer 2 and the hard bias layer 5. Consequently, magnetization of the hard bias layer 5 is intercepted by mediation of a nonmagnetic membrane 9 by said nonmagnetic membrane 9, and does not affect magnetization of the fixed magnetic layer 2 by it. thus, the thing for which said fixed magnetic layer 2 is influenced of the hard bias layer 5 — there is nothing — therefore, said fixed magnetic layer 2 — all the fields — setting — the direction of Y — proper — a single domain — it was-izing and fixed.

[0035] Moreover, unlike the former, the fixed magnetic layer 2 and the antiferromagnetism layer 1 have extended also to T1 field under the hard bias layer 5. For this reason, it is fixed in the direction of Y in the range longer than the width of recording track, consequently the fixed magnetic layer 2 can prevent further generating of fluctuation of magnetization of the fixed magnetic layer 2 by the field from a magnetic-recording medium. In addition, even if formed by non-magnetic materials, such as SiO<sub>2</sub>, in addition to the metal membrane in which a nonmagnetic membrane 9 is body-centered cubic structure, and (100) has a stacking tendency in this invention, it is possible to arrange magnetization of the fixed magnetic layer 2 and the free magnetic layer 4 in the proper direction.

[0036] Drawing 2 is the modification of the spin bulb mold thin film of this invention shown in drawing 1. In addition, the migration direction of a magnetic-recording medium is a Z direction, and the direction of the leak field from a magnetic-recording medium is the direction of Y. The laminating of the substrate layer 6, the antiferromagnetism layer 1, the fixed magnetic layer 2, the nonmagnetic conductive layer 3, the free magnetic layer 4, and the protective layer 7 is carried out to order from the bottom like the spin bulb mold thin film which shows the spin bulb mold thin film shown in drawing 2 to drawing 1. and the fixed magnetic layer 2 — exchange anisotropy association by the interface with the antiferromagnetism layer 1 — the direction of Y — a single domain — it is-izing and fixed.

[0037] As shown in drawing 2, the free magnetic layer 4 and the protective layer 7 were left behind to the core of the direction of X, and the substrate layer 6, the antiferromagnetism layer 1, the fixed magnetic layer 2, and the nonmagnetic conductive layer 3 are further prolonged to the field (T2 field) of the both sides of the direction of X rather than said free magnetic layer 4 and protective layer 7. And from the top face of the field of three nonmagnetic conductive layerT2, it applies to the inclined plane of the free magnetic layer 4 and a protective layer 7, and the hard bias layer 5 is formed. Furthermore, the conductive layer 8 is formed on said hard bias layer 5. Said hard bias layer 5 is single-domain-ized in the direction of X, and the free magnetic layer 4 is single-domain-ized in the direction of X by the bias field from said hard bias layer 5.

[0038] If the spin bulb mold thin film shown in drawing 1 and drawing 2 is compared, in the spin bulb mold thin film shown in drawing 2, the nonmagnetic conductive layer 3 is prolonged to the field (T2 field) of both sides rather than the free magnetic layer 4. Therefore, in drawing 2, said nonmagnetic conductive layer 3 of T2 field will intervene between the hard bias layer 5 and the fixed magnetic layer 2, and, for this reason, ferromagnetic association does not occur between the hard bias layer 5 and the fixed magnetic layer 2, and the leak field from the hard bias layer 5 is intercepted by said nonmagnetic electric conduction film 3, and said leak field does not affect magnetization of the fixed magnetic layer 2. therefore, the fixed magnetic layer 2 — all the fields — setting — the direction of Y —

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

proper — a single domain — it was—izing and fixed.

[0039] Moreover, as shown in drawing 2, since the hard bias layer 5 is formed from the same nonmagnetic conductive layer 3 as the free magnetic layer 4, the thick part of the thickness of the hard bias layer 5 which generates a strong bias field will be formed in the both sides of the free magnetic layer 4, therefore the free magnetic layer 4 is single-domain—ized proper in the direction of X. Moreover, there is no hard bias layer 5 in the both sides of the fixed magnetic layer 2, and since it is formed in the location distant from said fixed magnetic layer 2, the field from the hard bias layer 5 is not impressed to the fixed magnetic layer 2, but is efficiently concentrated and impressed to the free magnetic layer 4.

[0040] Furthermore, in the spin bulb mold thin film shown in drawing 2, the metal membrane of Cr which is the body-centered cubic structure explained by drawing 1, and (100) has a stacking tendency is missing from the inclined plane of the free magnetic layer 4 and a protective layer 7 from the top face of 3Tnonmagnetic conductive layer 2 field, and may be formed. The coercive force  $H_c$  and the remanence ratio  $S$  of the hard bias layer 5 become it large that it is such structure, and the bias field generated from the hard bias layer 5 increases. Consequently, magnetization of the free magnetic layer 4 becomes that it is [ single-domain—] easier to beized in the direction of X.

[0041] Drawing 3 is the sectional view showing the structure of the spin bulb mold thin film of other operation gestalten of this invention. As shown in drawing, the laminating of the substrate layer 6, the antiferromagnetism layer 1, the fixed magnetic layer 2, the nonmagnetic conductive layer 3, and the free magnetic layer 4 is carried out to order from the bottom. In addition, the fixed magnetic layer 2 is single-domain—ized in the direction of Y by the exchange anisotropy field in an interface with the antiferromagnetism layer 1. On said free magnetic layer 4, spacing fixed in the center of the direction of X is vacated, and the laminating of a ferromagnetic 10, the hard bias layer 5, and the conductive layer 8 is carried out to the both-sides field (T3 field) of the spacing.

[0042] And it applies to the top face of the free magnetic layer 4 from the top face of said conductive layer 8, and the protective layer 7 is formed. Said ferromagnetic 10 in this invention is body-centered cubic structure, is a metal membrane with a stacking tendency, for example, is formed with the Fe-X (X=Rh, Cr, Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Mn, Ru, Pd, Pt) alloy or the Fe-Co-nickel alloy.

[0043] Next, the structure of single-domain—izing of the free magnetic layer 4 in drawing 3 is explained below. In addition, the hard bias layer 5 is magnetized in the direction of illustration X. Magnetization of a ferromagnetic 10 is single-domain—ized in the direction of X by ferromagnetic association by the interface of said ferromagnetic 10 and hard bias layer 5. Furthermore, magnetization of the free magnetic layer 4 in T3 field is single-domain—ized in the direction of X by ferromagnetic association by the interface of said free magnetic layer 4 and ferromagnetic 10. Magnetization of free magnetic layers 4 other than T3 field (the ferromagnetic 10 is not formed in the top face) is gradually magnetized by magnetization of the free magnetic layer 4 of T3 field single-domain—ized in the direction of X in the direction of X, and the whole free magnetic layer 4 is single-domain—ized proper in the direction of X.

[0044] Moreover, directly, the leak field from the hard bias layer 5 is flowing, and is not coming to the free magnetic layer 4. Moreover, since the hard bias layer 5 is formed in the location distant from the fixed magnetic layer 2, the field from the hard bias layer 5 is not impressed to the fixed magnetic layer 2, but is efficiently concentrated and impressed to the free magnetic layer 4. Thereby, said free magnetic layer 4 has become that it is [ single-domain—] much more easy to beized proper in the direction of X.

[0045] Moreover, in the spin bulb mold thin film shown in drawing 3, the hard bias layer 5 is formed in the distant location from the fixed magnetic layer 2, therefore the leak field from the hard bias layer 5 has not affected magnetization of said fixed magnetic layer 2. thus, the thing for which the fixed magnetic layer 2 is influenced of the hard bias layer 5 — there is nothing — therefore, said fixed magnetic layer 2 — all the fields — setting — proper — the direction of Y — a single domain — it was—izing and fixed. Moreover, the fixed magnetic layer 2 and the antiferromagnetism layer 1 have extended also to T3 field under the hard bias layer 5. For this reason, it is fixed in the direction of Y in the range longer than the width of recording track, consequently the fixed magnetic layer 2 can prevent further generating of fluctuation of magnetization of the fixed magnetic layer 2 by the field from a magnetic-recording medium.

[0046] As mentioned above, in the spin bulb mold thin film in each operation gestalt explained in full detail, if the stationary current (detection current) is given to the fixed magnetic layer 2, the nonmagnetic conductive layer 3, and the free magnetic layer 4 from a conductive layer 8 and a field is moreover given in the direction of Y from a record medium, the magnetization direction of the free magnetic layer 4 will change from X towards the direction of Y. At this time, a lifting and electric resistance change [ the electron which is going to move to the layer of another side ] dispersion from layer of one of the two among the free magnetic layer 4 and the fixed magnetic layer 2 by the interface of the nonmagnetic conductive layer 3 and the fixed magnetic layer 2, or the interface of the nonmagnetic conductive layer 3 and the free magnetic layer 4. Therefore, the stationary current can change and a detection output can be obtained.

[0047] In this invention, in each operation gestalt, the fixed magnetic layer 2 is single-domain—ized proper in the direction of Y, and the free magnetic layer 4 is single-domain—ized proper in the direction of X, and it has relation which magnetization with said fixed magnetic layer 2 and free magnetic layer 4 intersects in all fields. Therefore, good micro truck asymmetry can be obtained, and a servo error cannot be caused, and generating of a Barkhausen noise can be reduced.

[0048]

[Effect of the Invention] By forming the hard bias layer which gives a bias field to a free magnetic layer through a

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

nonmagnetic layer on a fixed magnetic layer according to this invention explained in full detail above. If it forms by the metal membrane which the both sides of a free magnetic layer can especially be adjoined in the thick part of the thickness of the hard bias layer which generates a strong bias field, is body-centered cubic structure about said nonmagnetic layer, and (100) has a stacking tendency. The magnetic properties (coercive force, remanence ratio) of a hard bias layer can be raised, and -izing of the magnetization of a free magnetic layer can be carried out [ single domain ] in the magnetization direction of a fixed magnetic layer, and the crossing direction proper.

[0049] Moreover, by making a nonmagnetic layer intervene between a hard bias layer and a fixed magnetic layer, generating of ferromagnetic association can be prevented, magnetization of a hard bias layer can be intercepted in said nonmagnetic layer, and, for this reason, a fixed magnetic layer is not influenced by said hard bias layer of magnetization. Therefore, magnetization of said fixed magnetic layer can be single-domain-ized proper in the fixed direction, and it can fix.

[0050] Moreover, in this invention, if fixed spacing is vacated, the ferromagnetic which is body-centered cubic structure, and (100) has a stacking tendency is formed on a free magnetic layer and a hard bias layer is formed on this ferromagnetic, -izing of the magnetization of a free magnetic layer can be carried out [ single domain ] in the magnetization direction of a fixed magnetic layer, and the crossing direction proper by ferromagnetic association.

[0051] Moreover, since it can form in the location which is [ be / it / such structure ] distant from a fixed magnetic layer in a hard bias layer, said fixed magnetic layer is not influenced of a hard bias layer, therefore can single-domain-ize magnetization of said fixed magnetic layer proper in the fixed direction, and can be fixed.

[0052] In this invention, -izing of a fixed magnetic layer and the free magnetic layer can be carried out [ single domain ] in the predetermined direction proper by the above, therefore good micro track asymmetry can be obtained, and a servo error is not caused, and generating of a Barkhausen noise can be reduced.

---

[Translation done.]



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**\* NOTICES \***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DESCRIPTION OF DRAWINGS**

---

**[Brief Description of the Drawings]**

**[Drawing 1]** The sectional view showing the structure of the spin bulb mold thin film of the 1st operation gestalt of this invention,

**[Drawing 2]** The sectional view showing the structure of the spin bulb mold thin film of the 2nd operation gestalt of this invention,

**[Drawing 3]** The sectional view showing the structure of the spin bulb mold thin film of the 3rd operation gestalt of this invention,

**[Drawing 4]** The sectional view showing the structure of the conventional spin bulb mold thin film,

**[Description of Notations]**

- 1 Antiferromagnetism Layer
- 2 Fixed Magnetic Layer
- 3 Nonmagnetic Conductive Layer
- 4 Free Magnetic Layer
- 5 Hard Bias Layer
- 6 Substrate Layer
- 7 Protective Layer
- 8 Conductive Layer
- 9 Nonmagnetic Membrane
- 10 Ferromagnetic

---

**[Translation done.]**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**\* NOTICES \***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

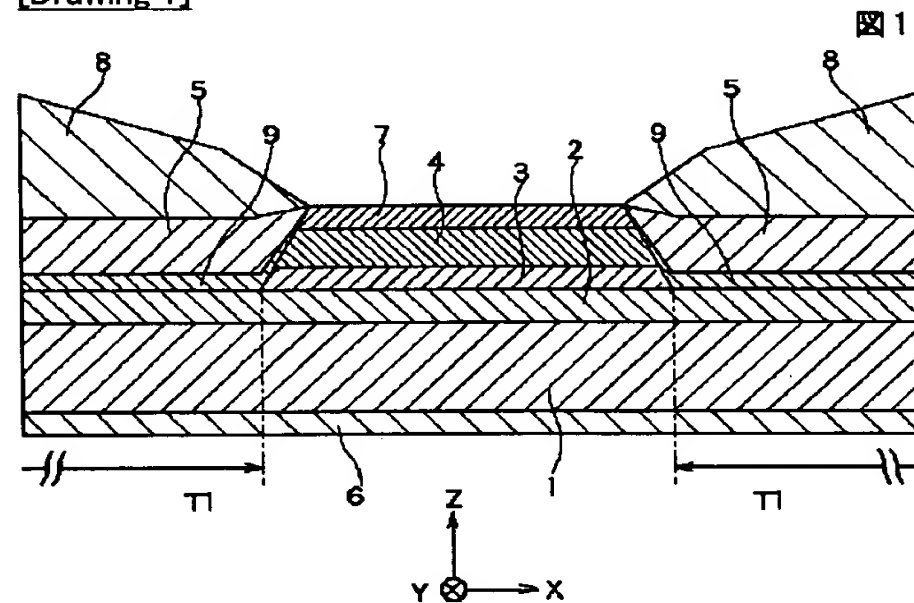
- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

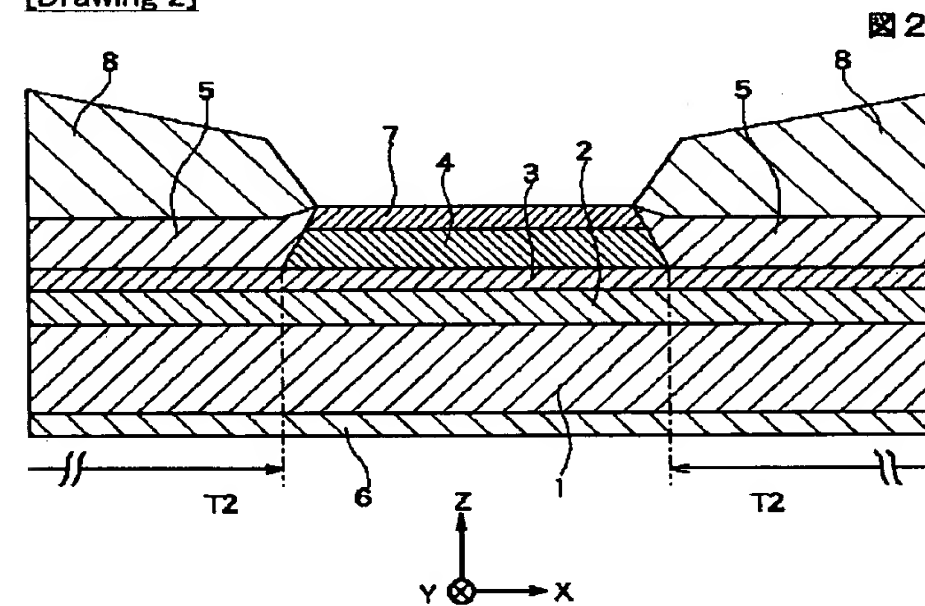
**DRAWINGS**

---

[Drawing 1]



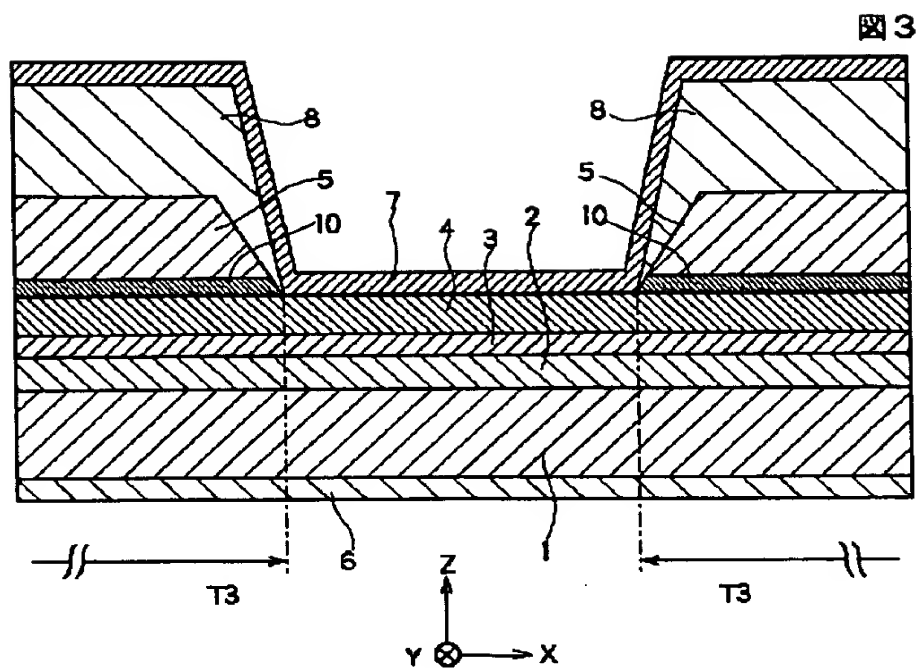
[Drawing 2]



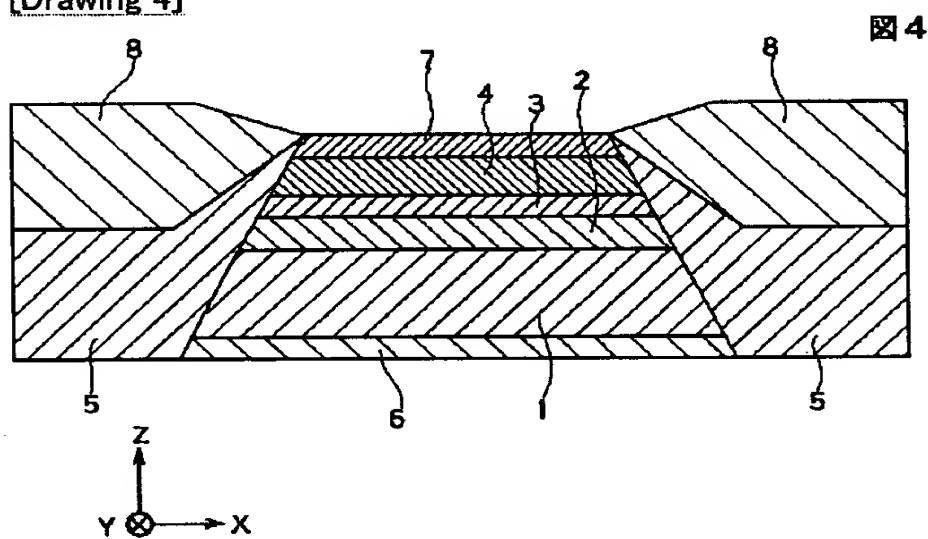
[Drawing 3]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**





[Drawing 4]



[Translation done.]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**